

Ontwerp en berekening van een nieuw regelsysteem voor de frequentie-regeling van de drukgenerator van de hydraulische excitator van Van der Wolf

Citation for published version (APA):

Kals, H. J. J. (1969). *Ontwerp en berekening van een nieuw regelsysteem voor de frequentie-regeling van de drukgenerator van de hydraulische excitator van Van der Wolf*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek : WT rapporten; Vol. WT0214). Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1969

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.



technische hogeschool eindhoven

laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek

blz. 1 van 12 blz.

rapport nr. 214

rapport van de sectie: **Werkplaatstechniek**

codering:

C.2.h.

titel:

Ontwerp en berekening van een nieuw regelsysteem voor de frequentie-regeling van de drukgenerator van de hydraulische excitator van Van Der Wolf

trefwoord:

Hydraulische excitator.

auteur(s):

H.J.J. Kals

sectieleider:

hoogleraar: **Prof. Dr. P.C. Veenstra.**

samenvatting

Dit rapport behandelt uitgebreid de motieven welke leiden tot de keuze van de karakteristieke eigenschappen van de regelversterker.

prognose

datum:

14-5-1969

aantal blz. 12

geschikt voor publicatie in:

Lijst van gebruikte symbolen

α	=	proportionaliteitsfaktor
β	=	"
δ	=	hoek
φ	=	"
τ	=	tijdkonstante
μ	=	overdracht van het proces
ω	=	hoehsnelheid
A	=	versterkingsfaktor
F	=	frequentie van het storingssignaal
K	=	proportionaliteitsfaktor van het proces
P	=	proces
R	=	regelaar
R_I	=	integrerende aktie van de regelaar
R_D	=	differentierende aktie van de regelaar
X	=	meetsignaal
f	=	grondfrequentie (druksignaal)
n	=	toerental
j	=	imaginaire faktor

Ontwerp en berekening van een nieuw regelsysteem voor de frequentieregeling van de drukgenerator van de hydraulische excitator.

Inleiding

De drukgolven van de drukgenerator worden opgewekt door middel van een roterende klep welke via een v-riem aangedreven wordt door een gelijkstroommotor.(1). Het doel van het regelsysteem is een eenmaal ingestelde frequentie van de drukgolven zo goed mogelijk konstant te houden.

Dit probleem is terug te brengen tot regeling van het toerental van de gelijkstroommotor, welke het klepje aandrijft. De bestaande regeling bleek kwalitatief onvoldoende te zijn.

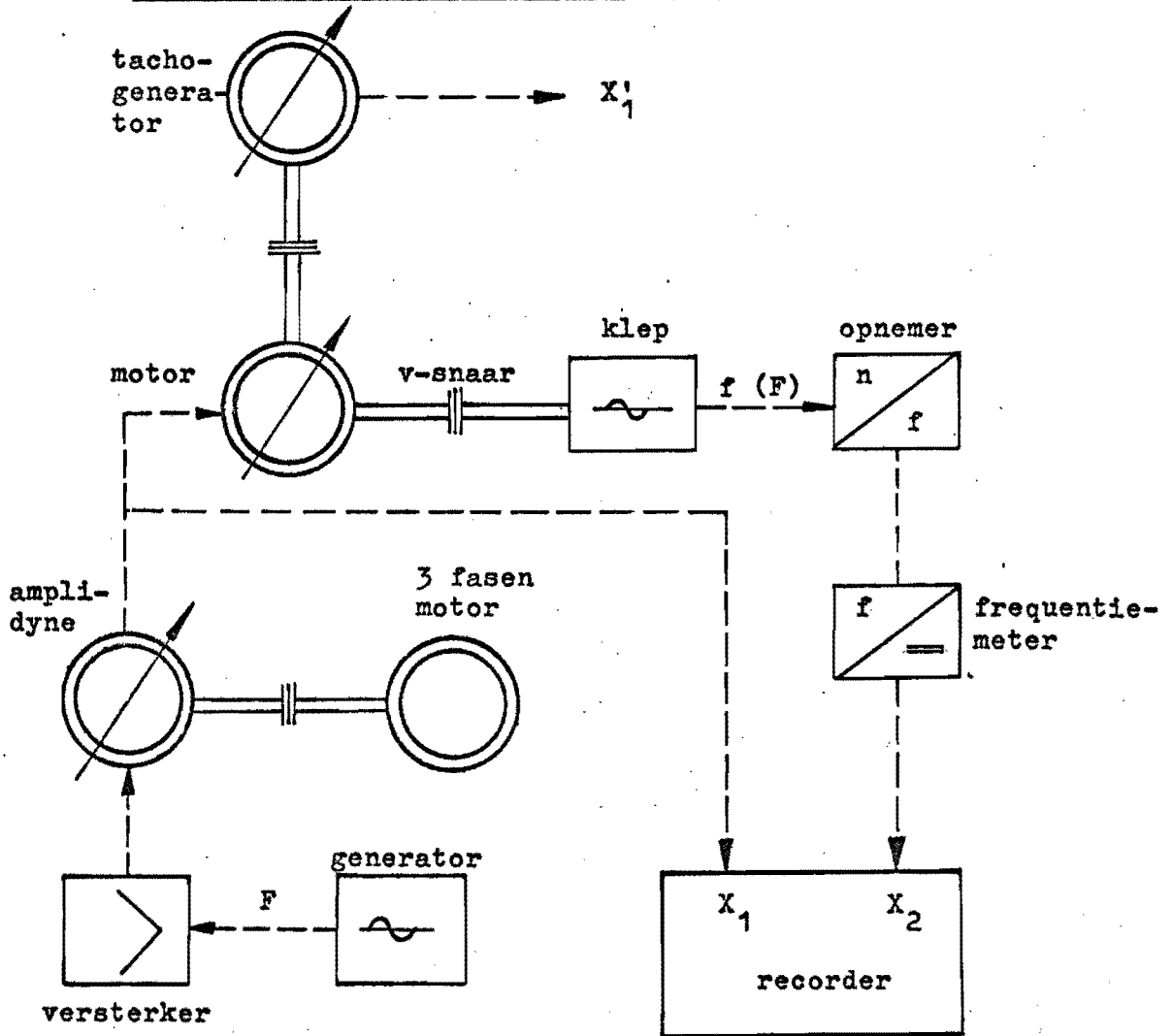
Uitvoering

Allereerst is de roterende massa in het aandrijvings-systeem verminderd.

De meting van de overdrachtsfunctie van het systeem is verricht met behulp van de hieronder schematisch weergegeven opstelling.

Alle metingen zijn verricht met in werking zijnde drukgenerator.

Schematische opstelling voor meting van de totale overdracht.



De totale overdracht is gemeten bij een frequentie van 300 Hz. De overdrachtsfunctie van de frequentiemeter is apart bepaald.

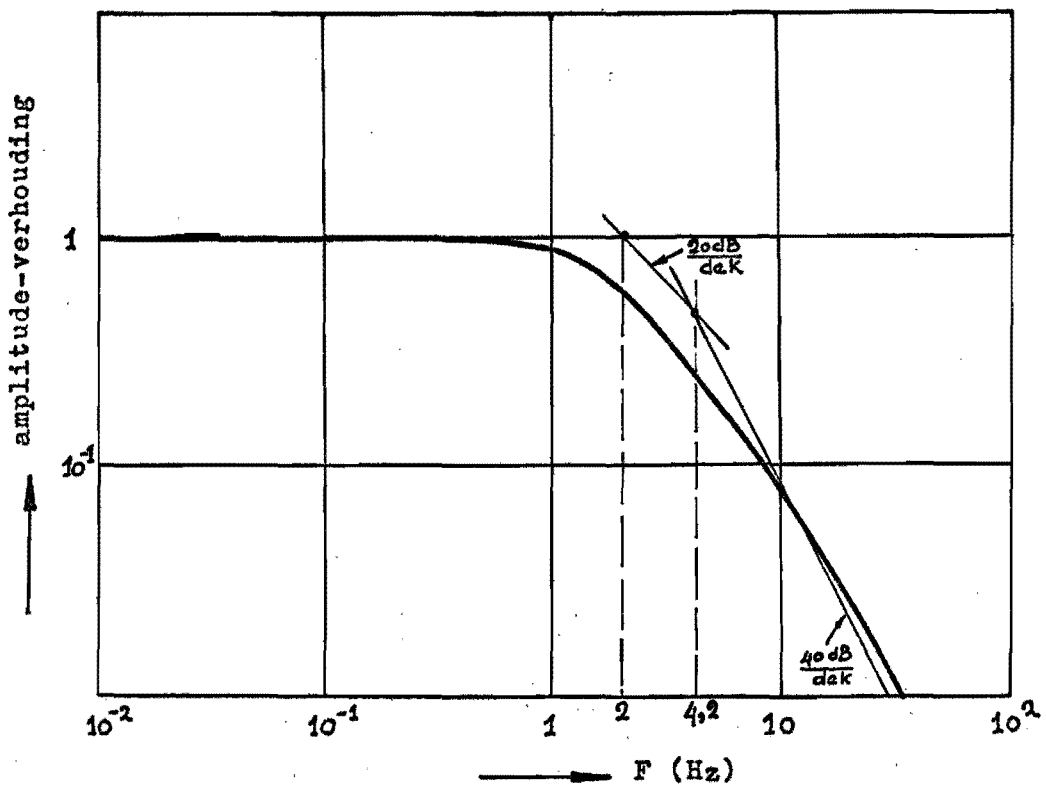
Door het signaal X_2 te schrijven als responsie van X_1 (spanning van tachogenerator) kon de overdracht van de v-riem bekeken worden.

Resultaten:

Als gevolg van de hier optredende serieschakeling van deel-overdrachten geeft het Bode-diagram de mogelijkheid de verkregen informatie eenvoudig te verwerken.

De deel-overdracht van de in de meetopstelling gebruikte frequentiemeter blijkt enigszins afhankelijk te zijn van de grondfrequentie f . De invloed van deze frequentieafhankelijkheid op de totaaloverdracht in de meetopstelling is slechts gering.

De met de overdracht van de frequentiemeter gecorrigeerde totaaloverdracht is hieronder in een Bode-diagram weergegeven



De twee tijdconstanten van dit systeem dat een tweede orde systeem benaderd zijn τ_1 en τ_2 .

$$\tau_1 = \frac{1}{\omega_1} = \frac{1}{2\pi \cdot 2} = 80 \cdot 10^{-3} \text{ s.}$$

$$\tau_2 = \frac{1}{\omega_2} = \frac{1}{2\pi \cdot 4,2} = 38 \cdot 10^{-3} \text{ s.}$$

Het regelprobleem.

Het proces is lineair te beschouwen.

Een algemene regel zegt dat de twee grootste tijdskonstanten van een proces ver uit elkaar moeten liggen om dat proces goed te kunnen regelen. (2).

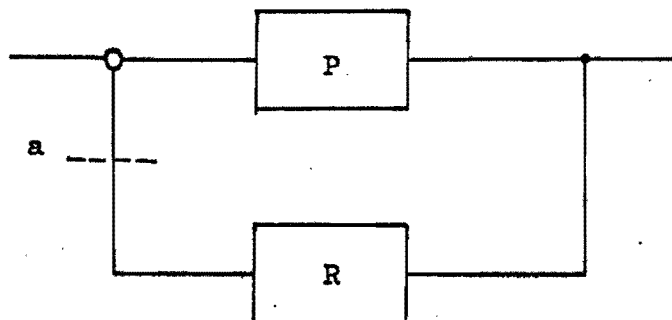
In dit geval is er te weinig verschil tussen de waarden van beide tijdskonstanten.

Het een en ander blijkt ook uit het volgende:

We beschouwen een regelkring waarin het proces P de gemeten overdracht voorstelt welke te beschrijven is als:

$$\mu = \frac{K}{(1 + j\omega\tau_1)(1 + j\omega\tau_2)} \quad \text{met } \tau_1 = 0.08 \text{ s}$$

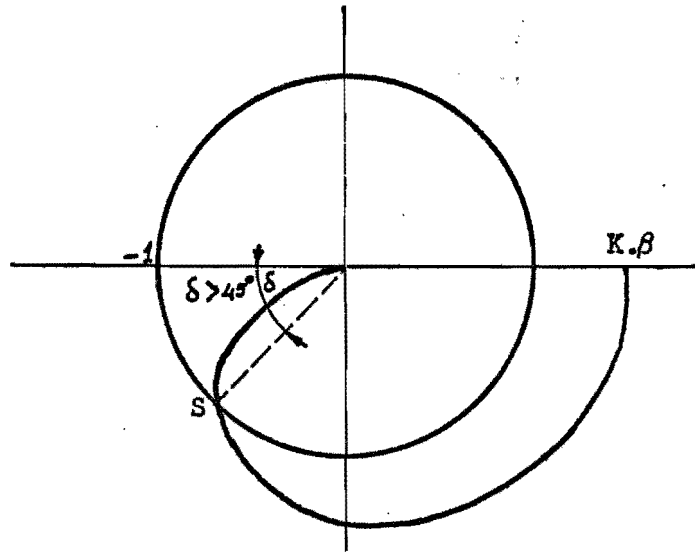
en $\tau_2 = 0.038 \text{ s}$. De regelaar R stelt een proportionele regelaar voor met als proportionaliteitsfactor: β .



Voor de overdracht van de bij a geopende lus geldt:

$$P \cdot R = \mu \cdot \beta = \frac{K \beta}{(1 + j\omega\tau_1)(1 + j\omega\tau_2)}$$

Als stabiliteitskriterium gebruiken we het criterium van de 45° fasemarge. De stabiliteitsvoorwaarde hierbij is dat bij een fase-verschuiving van max. 135° de modulus van de overdrachtsfunctie < 1 moet zijn.



De resultaten laten zien dat 135° faseverschuiving optreedt in de buurt van ω_2 (zie grafiek) zodat

$$\frac{K\beta}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2} \sqrt{1 + \left(\frac{\omega_2}{\omega_2}\right)^2}} < 1$$

Derhalve geldt voor de rondgaande versterking:

$$K\beta < \sqrt{1 + \left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2} \cdot \sqrt{2} = \sqrt{1 + \left(\frac{2\pi \cdot 4 \cdot 2}{2\pi \cdot 2}\right)^2} \cdot \sqrt{2} = 3,3$$

Dit is zeer onvoldoende om goed proportioneel te kunnen regelen, hetgeen de praktijk ook bevestigde.

De nauwkeurigheid waarmee geregeld kan worden hangt in principe alleen af van de grootte van de rondgaande versterking, en deze wordt beperkt door de stabiliteitsgrens.

Keuze van de regelaar.

De optredende afwijkingen in de frequentie bij de niet gesloten regelkring liggen binnen een gebied van 20 Hz.

We wensen dit gebied te verkleinen tot 0,1 Hz.

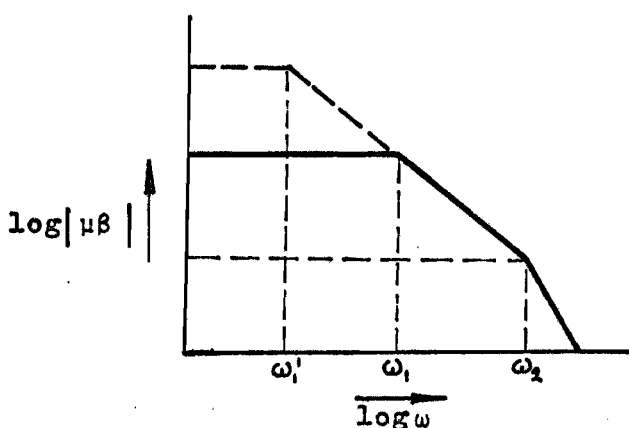
Hieruit volgt dat de rondgaande versterking ongeveer $\frac{20}{0,1} = 200$ zal moeten bedragen. (2)

We wensen verder een snelle regeling. Een PD-aktie is dus noodzakelijk. De differentiërende aktie kan echter niet zò groot gekozen worden dat hiermee ineens een rondgaande versterking van 100 gehaald kan worden.

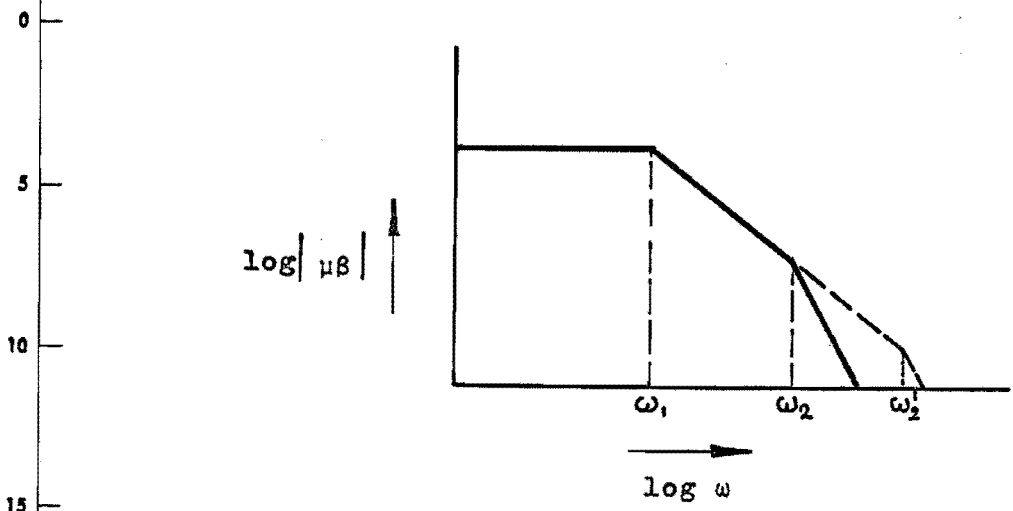
Normaal optredende ruissignalen en hogere orde verschijnselen bij hogere frequenties zouden dan binnen de frequentieband van de differentiërende regelaar komen te liggen, met alle gevolgen van dien.

In het algemeen zijn er drie mogelijkheden.

1. τ_1 vergroten (ω_1 verkleinen). De rondgaande versterking kan groter genomen worden. De regeling bij hoge frequenties (van storingen) wordt hierdoor echter niet verbeterd. Immers de versterking bij ω_2 wordt niet vergroot.

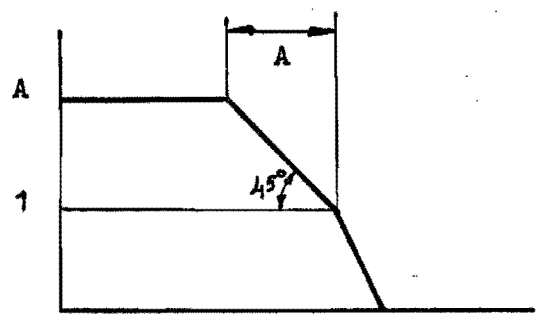


2. τ_2 kleiner maken (ω_2 vergroten). De proportionele aktie kan vergroot worden. Ook de versterking bij een hoeksnelheid ω_2 neemt toe. Het gevolg is een betere regeling voor zowel hoge als lage frequenties van de storing.



3. τ_1 vergroten en τ_2 verkleinen. Dit is noodzakelijk als de vergrotingsfactor van het verschil tussen τ_1 en τ_2 zo groot is dat indien τ_1 dezelfde blijft ω_2 te groot wordt i.v.m. ruis e.d.

De benodigde rondgaande versterking was 200; d.w.z. dat bij benadering $\tau_1 = 200 \tau_2$. (bij gebruikmaking van kritérium van de 45° fase marge!)



Zo wij als frequentieband kiezen het gebied van $0,1 \div 20$ Hz dan geldt dat $\tau_2 = \frac{1}{2\pi \cdot 20}$ s. = 0.008S en $\tau_1 = \frac{1}{2\pi \cdot 0.2} = 1,6$ S zodat $\tau_1 = 200 \tau_2$.

Dit houdt in dat een PID-regelaar toegepast had moeten worden.

Berekening van de differentiërende en integrerende aktie.

Vergelijking van benaderde PD-regelaar:

$$R_D = \frac{\beta(1 + j\omega\tau_2)}{1 + j\omega\tau_2} \quad \tau_2 < \tau_2'$$

Nu moet τ_2 gelijk zijn aan τ_2' uit Bode-diagram.

In de regelkring geplaatst wordt de totale overdracht

$$P \cdot R_D = \frac{K}{(1 + j\omega\tau_1)(1 + j\omega\tau_2)} \cdot \frac{\beta(1 + j\omega\tau_2)}{(1 + j\omega\tau_2')} =$$

$$= \frac{K \cdot \beta}{(1 + j\omega\tau_1)(1 + j\omega\tau_2')}$$

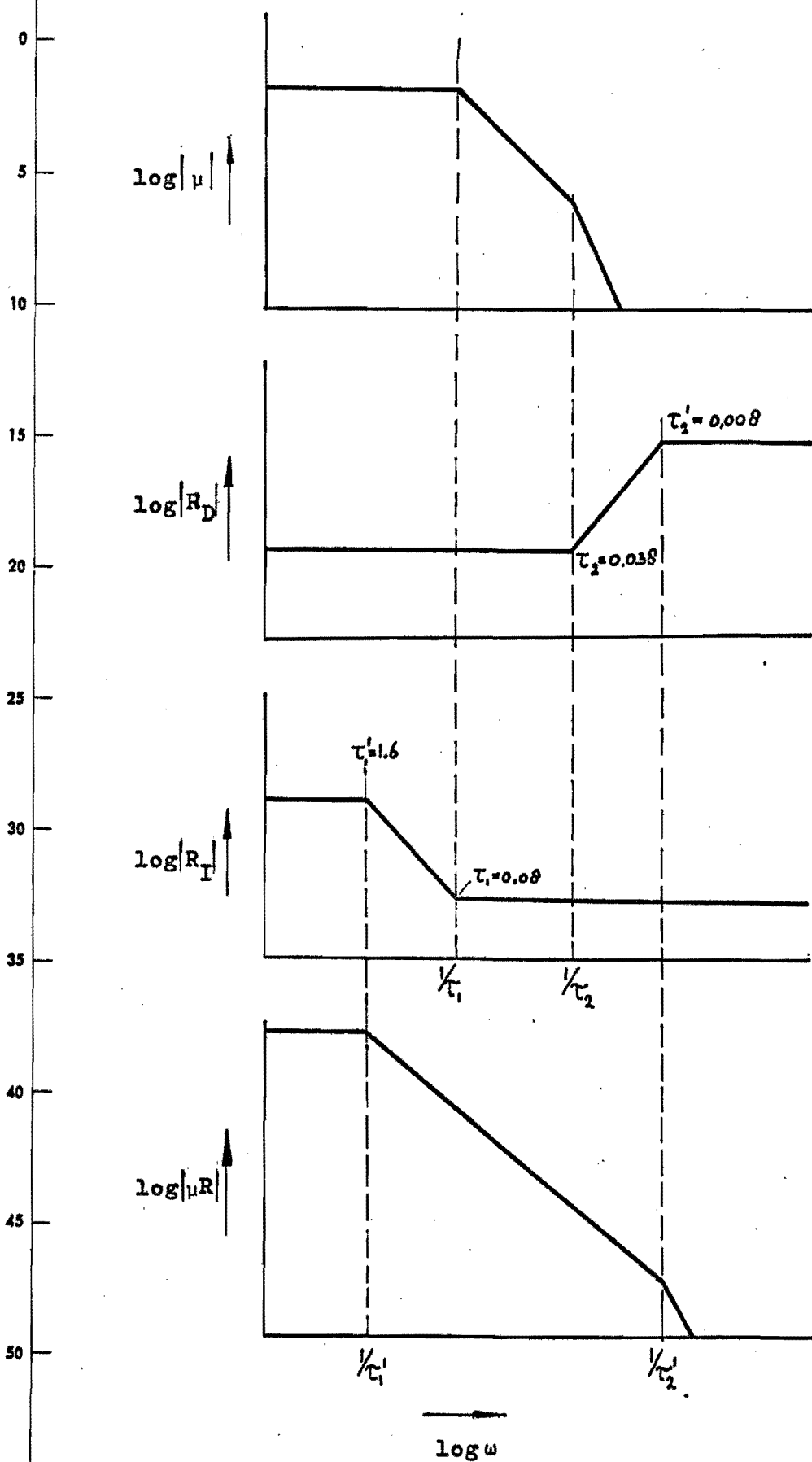
Vergelijking van benaderde PI-regelaar:

$$R_I = \frac{\alpha(1 + j\omega\tau_1)}{1 + j\omega\tau_1'} \quad \tau_1' > \tau_1$$

In de regelkring geplaatst wordt de totale overdracht:

$$PR_{D_I} = PR = \frac{\alpha \beta K}{(1 + j\omega\tau_1')(1 + j\omega\tau_2')}$$

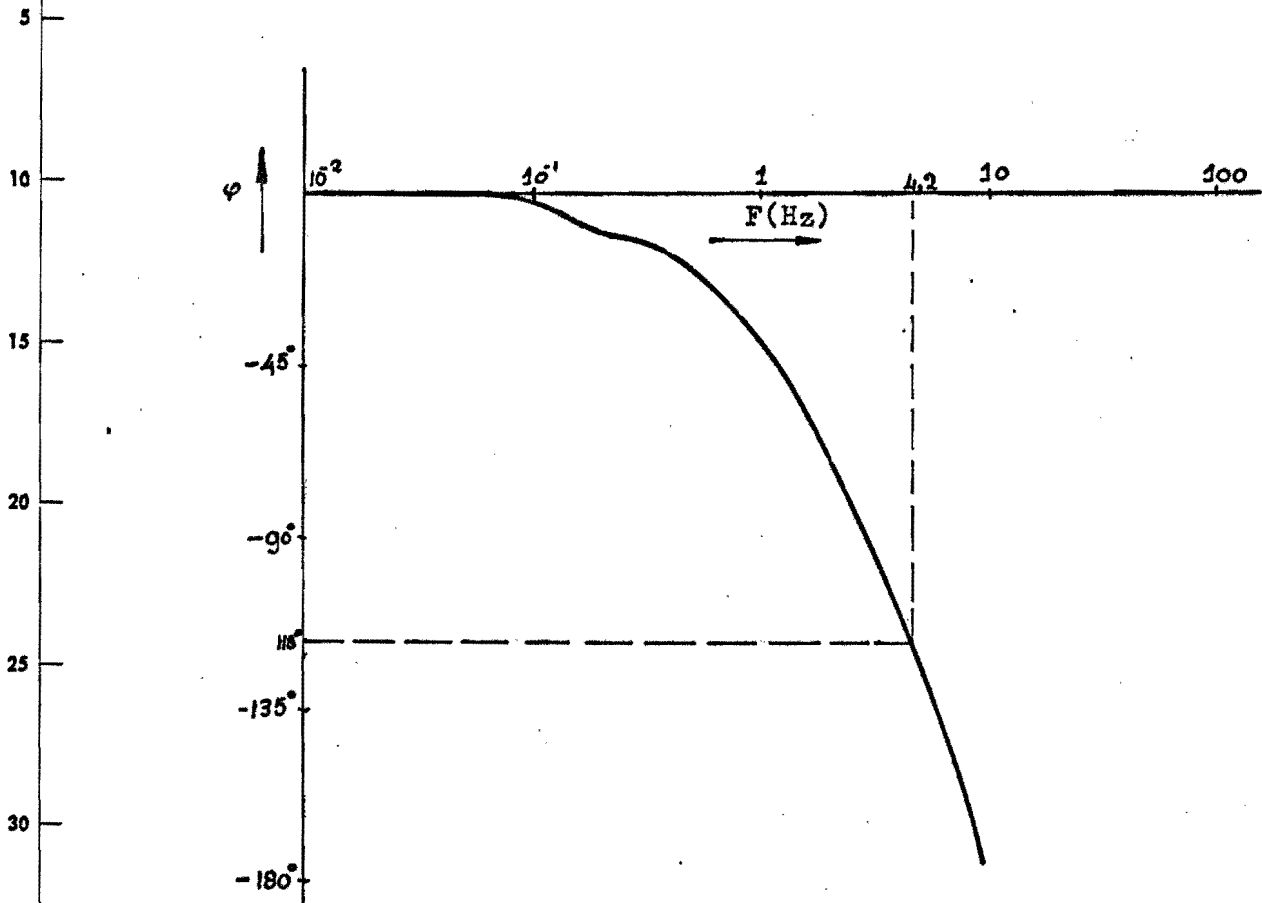
Het ontstaan van de totale overdracht van de open regelkring kan zoals hieronder gemakkelijk m.b.v. Bode-digram worden weergegeven.



GEGEVENS VOOR DE TE BOUWEN REGELVERSTERKER:

- totale rondgaande versterking: 200
- tijdkonstanten:
 - $\tau_1 = 0.008 \text{ s}$;
 - $\tau_2 = 1.60 \text{ s}$.

Volgens de gemeten overdracht ging ω_2 samen met een fase-verschuiving van ongeveer 120° . Het bij de overdracht behorende fase-diagram is hieronder weergegeven.



Stabiliteitskontrolle:

$$\alpha\beta K = 200; \omega_2' = 2\pi \cdot 20 = 126 \text{ rad/s}; \omega_1' = 2\pi \cdot 0,1 = 0,63 \text{ rad/s.}$$

Geëist wordt: $|\mu R| = \frac{\alpha\beta K}{|(1 + j\omega\tau_1')(1 + j\omega\tau_2')|} \leq 1$ voor

$$\omega = \omega_2'$$

$$|\mu R| = \frac{200}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega_2'}{\omega_1'}\right)^2} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{\omega_2'}{2}\right)^2}} = \frac{200}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{126}{0,63}\right)^2}} = 1$$

Stabiliteit is dus verzekerd.